

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Air**

Berdasarkan PP No 42 tahun 2008 tentang pengelolaan sumber daya air, air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Pengertian lain air menurut *permenkes RI No 416/Menkes/PER/IX/1990* adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah di masak.

#### **2.2 Sumber air**

##### **2.2.1 Air hujan**

Dikumpulkan dari atap bangunan dan bak penampung hujan yang dibuat khusus di daerah pedesaan/waduk lapangan. Pemakaiannya biasanya untuk keperluan air rumah tangga dan peternakan

##### **2.2.2 Air Permukaan**

Air yang terdapat di sungai, danau, kolam, volumenya terutama tergantung dari curah hujan dan distribusinya, keadaan topografi, vegetasi dan struktur lapisan tanah di daerah aliran sungai/daerah peresapannya. Air ini paling banyak dipakai, karena selain volumenya memadai juga mudah pelaksanaannya. Biasanya dipakai untuk keperluan air minum kota, irigasi dan industri. Pelaksanaannya dengan mengambil langsung dari sungai dan danau atau membuat waduk-waduk besar.

##### **2.2.3 Air Tanah**

Air tanah berasal dari peresapan/perkolasi sebagian air hujan ke dalam lapisan tanah, yang menambah cadangan volume air tanah.

## **2.3 Prinsip Dasar Penyediaan Air Bersih**

Dalam merencanakan penyediaan air bersih harus memenuhi konsep 3K yaitu Kualitas, Kuantitas dan Kontinuitas.

### **2.3.1 Kualitas air**

#### **a. Kualitas Air Baku untuk Air Bersih**

Air baku yang digunakan untuk menghasilkan air bersih harus memenuhi aturan yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pada pasal 8 PP mengenai klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

- 1) Kelas Satu, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 2) Kelas Dua, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 3) Kelas Tiga, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 4) Kelas Empat, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

#### **b. Kualitas Air Bersih**

Kualitas atau mutu air yang mengalir dalam suatu jaringan pipa distribusi air sangatlah penting. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi air bersih adalah agar para konsumen dapat mengkonsumsi air tersebut dengan aman.

Dalam perjalanannya air selalu berhubungan langsung dengan dinding pipa bagian dalam dan perlengkapan pipa. Bila terdapat kerusakan pada jalur pipa, otomatis air didalamnya akan terkontaminasi dengan bahan-bahan yang dapat menurunkan mutunya. Sebaliknya jika jalur pipa tersebut dalam kondisi yang sangat baik dimana air terlindungi dari pengaruh luar, maka mutu air pada jaringan pipa distribusi tersebut aman tetap terjaga.

Syarat-syarat air minum secara umum meliputi sebagai berikut :

1) Syarat-syarat fisik :

- a. Air tidak boleh berwarna
- b. Air tidak boleh berasa
- c. Air tidak boleh berbau
- d. Suhu air hendaknya di bawah suhu udara sejuk ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ )
- e. Air harus jernih

2) Syarat-syarat kimia :

Persyaratan air bersih secara rinci tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010.

**Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Air Minum**

1. Parameter Wajib

NO	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1). E. Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010

NO	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
	b. Kimia an-organik		
	1). Arsen	mg/1	0,01
	2). Flourida	mg/1	1,5
	3). Total Kromium	mg/1	0,05
	4). Kadmium	mg/1	0,003
	5). Nitrit, (sebagai NO <sub>2</sub>	mg/1	3
	6). Nitrat, (sebagai NO <sub>3</sub>	mg/1	50
	7). Sianida	mg/1	0,07
	8). Selenium	mg/1	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1). Bau		Tidak berbau
	2). Warna	TCU	15
	3). Total zat padat tertentu (TDS)	mg/1	500
	4). Kekelurahan	NTU	5
	5). Rasa		Tidak berrasa
	6). Suhu	°C	suhu udara ± 3
	B. Parameter Kimiawi		
	1). Aluminium	mg/1	0,2
	2). Besi	mg/1	0,3
	3). Kesadahan	mg/1	500
	4). Khlorida	mg/1	250
	5). Mangan	mg/1	0,4
	6). pH		6,5 - 8,5
	7). Seng	mg/1	3
	8). Sulfat	mg/1	250
	9). Tembaga	mg/1	2
	10). Amonia	mg/1	1,5

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010

## 2. Parameter Tambahan

NO	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1	KIMIAWI		
a	Bahan Anorganik		
	Air Raksa	mg/1	0,001
	Antimon	mg/1	0,02
	Barium	mg/1	0,7
	Boron	mg/1	0,5
	Molybdenum	mg/1	0,07
	Nikel	mg/1	0,07
	Sodium	mg/1	200
	Timbal	mg/1	0,01
	Uranium	mg/1	0,015
b	Bahan Organik		
	Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/1	10
	Deterjen	mg/1	0,05
	Chlorinated alkanes		
	Carbon tetrachloride	mg/1	0,004
	Dichloromethane	mg/1	0,02
	1,2-Dichloroethane	mg/1	0,05
	Chlorinated ethenese		
	1,2-Dichloroethene	mg/1	0,05
	Trichloroethene	mg/1	0,02
	Tetrachloroethene	mg/1	0,04
	Aromatic hydrocarbons		
	Benzene	mg/1	0,01
	Toluene	mg/1	0,7
	Xylenes	mg/1	0,5
	Styrene	mg/1	0,3
	Chlorinated benzenes		
	1,2-Dichlorobenzene (1,2-DCB)	mg/1	1
	1,4-Dichlorobenzene (1,4-DCB)	mg/1	0,3
	Lain-lain		

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010

NO	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
	Di(2-ethylhexyl)phthalate	mg/1	0,008
	Acrylamide	mg/1	0,0005
	Epichlorohydrin	mg/1	0,0004
	Hexachlorobutadiene	mg/1	0,0006
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/1	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/1	0,2
c	Pestisida		
	Alachlor	mg/1	0,02
	Aldicarb	mg/1	0,01
	Aldrin dan dieldrin	mg/1	0,00003
	Atrazine	mg/1	0,002
	Carbofuran	mg/1	0,007
	Chlordane	mg/1	0,0002
	Chlorotoluron	mg/1	0,03
	DDT	mg/1	0,001
	1,2- Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	mg/1	0,001
	2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)	mg/1	0,03
	1,2-Dichloropropane	mg/1	0,04
	Isoproturon	mg/1	0,009
	Lindane	mg/1	0,002
	MCPA	mg/1	0,002
	Methoxychlor	mg/1	0,02
	Metolachlor	mg/1	0,01
	Molinate	mg/1	0,006
	Pendimethalin	mg/1	0,02
	Pentachlorophenol (PCP)	mg/1	0,009
	Permethrin	mg/1	0,3
	Simazine	mg/1	0,002
	Trifluralin	mg/1	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA		
	2,4-DB	mg/1	0,09
	Dichloroprop	mg/1	0,1

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010

NO	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
	Fenoprop	mg/l	0,009
	Mecoprop	mg/l	0,001
	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009
d	Disinfektan dan Hasil Sampingannya		
	Disinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
	Hasil Sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chlorate	mg/l	0,7
	Chlorite	mg/l	0,7
	Chlorophenols		
	2,4,6 -Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	mg/l	0,2
	Bromoform	mg/l	0,1
	Dibromochloromethane (DBCM)	mg/l	0,1
	Bromodichloromethane (BDCM)	mg/l	0,06
	Chloroform	mg/l	0,3
	Chlorophenols		
	Chlorinated acetic acids		
	Dichloroacetic acid	mg/l	0,05
	Trichloroacetic acid	mg/l	0,02
	Chloral hydrate		
	Halogenated acetonitriles		
	Dichloroacetonitrile	mg/l	0,02
	Dibromoacetonitrile	mg/l	0,07
	Cyanogen chloride (sebagai CN)	mg/l	0,07
2	RADIOAKTIFITAS		
	Gross alpha activity	Bq/l	0,1
	Gross beta activity	Bq/l	1

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010

### 2.3.2 Kuantitas Air

Setelah persyaratan kuantitas terpenuhi maka air bersih juga harus mampu melayani daerah pelayanan. Banyaknya penduduk yang ada dalam suatu wilayah harus mampu terpenuhi secara kuantitasnya. Persyaratan kuantitatif ini sangat dipengaruhi sekali dengan jumlah air baku yang tersedia, serta kapasitas produksi dari instalasi pengolahan air. Pada umumnya debit air dari tiap sumber air akan mengalami perubahan-perubahan dari suatu waktu ke waktu yang lain. (*sumber : Tri Joko, Graha Ilmu, Unit Produksi dalam sistem penyediaan air minum, hal 13*).

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya. Syarat kuantitas air bersih artinya air bersih harus memenuhi standar yang disebut standar kebutuhan air. Standar kebutuhan air adalah kapasitas air yang dibutuhkan secara normal oleh manusia untuk memenuhi hajat hidupnya sehari-hari. Standar kebutuhan air diperhitungkan berdasarkan pengamatan pemakaian air bersih dalam kehidupan sehari-hari para konsumen. Kuantitas air bersih harus dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada masa sekarang dan masa mendatang.

### 2.3.3 Kontinuitatif Air

Arti kontinuitatif disini adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relative tetap, baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Sehingga persyaratan kontinuitas ini erat sekali hubungannya dengan persyaratan kuantitas.

Beberapa contoh fluktuasi debit sumber air adalah sebagai berikut :



1. Pada musim hujan aliran air sungai mungkin mencapai bibir dinding sungai tetapi pada musim kemarau sungai tersebut sama sekali tidak berair. Demikian juga sumur dangkal pada musim hujan akan mengandung air cukup banyak dan pada waktu musim kemarau yang tidak terlalu panjang mungkin sumur tersebut masih berair, tetapi pada musim kemarau panjang mungkin tidak berair sama sekali.
2. Pada waktu musim hujan debit mata air cukup besardan debit ini akan mengecil pada musim kemara. Hal ini terjadi karena air tanah pada musim hujan lebih banyak dari pada musim kemarau, sehingga permukaan air tanah pada musim hujan lebih tinggi daripada musim kemarau. Dengan demikian debit air pada musim hujan akan lebih besar. (*sumber : Tri Joko, Graha Ilmu, Unit Produksi dalam sistem penyediaan air minum, hal 13*).

## **2.4 Penggunaan dan Jumlah Air**

Penggunaan air berbeda-beda dari satu kota ke kota lainnya, tergantung pada cuaca, ciri-ciri masalah lingkungan hidup, penduduk, industrilisasi dan faktor lainnya. Pada suatu kota tertentu, penggunaan air juga berubah dari musim ke musim, hari ke hari dan jam ke jam.

### **2.4.1 Penggunaan Air**

Penggunaan air untuk kota dapat dibagi menjadi beberapa kategori, antara lain :

#### **a. Penggunaan Rumah Tangga**

Adalah air yang dipergunakan di tempat-tempat harian pribadi, rumah-rumah, apartemen dan sebagainya untuk minum, mandi, penyiraman taman, saniter dan lain-lain.

#### **b. Penggunaan Komersial dan Industri**

Adalah air yang dipergunakan oleh badan-badan komersial dan industry

#### **c. Penggunaan Umum**

Meliputi air domestic dibagi dua sistem yaitu sistem sambungan langsung dan sistemn sambungan tidak langsung. Sambungan tidak langsung dibagi menjadi dua bagian yaitu sambungan halaman dan kran umum. Menurut

SNI 19-6728.1-2002 standar kebutuhan air dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 2.2 Standar Kebutuhan Air Untuk Berbagai Sektor**

Jenis Pemakaian	Standar	Standar Terpilih	satuan	Sumber
Domestik				
Sambungan rumah				
kota dengan penduduk : -1 juta	250		1/jiwa/hari	2
kota dengan penduduk : 1 juta	150		1/jiwa/hari	2
Pedesaan	100		1/jiwa/hari	2
Keran umum	30		1/jiwa/hari	3
non Domestik				
Hidran Kebakaran	5		%keb.domestik	6
Kebocoran	20		%keb.domestik	6
Sekolah	10		1/m/hari	1
Kantor	10		1/peg/hari	1
Tempat Ibadah	2			1
Industri	0,4-1	0,7	1/det/ha	2
Komersial				
Pelabuhan Udara	10 - 20.	10	1/penumpang/hari	5
Terminal/Stasiun Bis	3		1/penumpang/hari	4
Pelabuhan Laut	10		1/penumpang/hari	
Sarana Kesehatan				
Rumah Sakit	300		1/liter/hari	1
Jenis Pemakaian	Standar	Standar Terpilih	satuan	Sumber
<b>Domestik</b>				

(sumber : SNI 19-6728-1-2002)

#### 2.4.2 Faktor Yang Mempengaruhi Penggunaan Air

Beberapa diantara berbagai faktor yang mempengaruhi besarnya penyadapan air, antara lain :

##### a. Iklim

Kebutuhan air untuk mandi, menyiram tanaman, pengaturan udara dan sebagainya akan lebih besar pada iklim yang hangat dan kering dari pada iklim yang dingin.

**b. Karakteristik penduduk**

Pemakaian air dipengaruhi oleh status ekonomi dari langganan. Pemakaian air di daerah-daerah miskin lebih rendah dari pada daerah kaya.

**c. Masalah Lingkungan Hidup**

Meningkatnya perhatian masyarakat terhadap berlebihan pemakaian sumber-sumber daya yang telah menyebabkan berkembangnya alat-alat yang dapat dipergunakan untuk mengurangi jumlah pemakaian air di daerah pemukiman.

**d. Industri dan Pedagangan**

Jumlah penggunaan air yang sebenarnya tergantung pada besarnya pabrik dan jenis industri.

**e. Iuran Air**

Bila harga air mahal, orang akan lebih menahan diri dalam pemakaian air dan industri mungkin akan mengembangkan persediaanya sendiri dengan biaya yang lebih murah.

**f. Luas Wilayah**

Penggunaan air perkapita pada kelompok masyarakat yang mempunyai jaringan limbah cenderung untuk lebih tinggi di kota-kota besar dari pada kota-kota kecil.

## **2.5 Jaringan Distribusi**

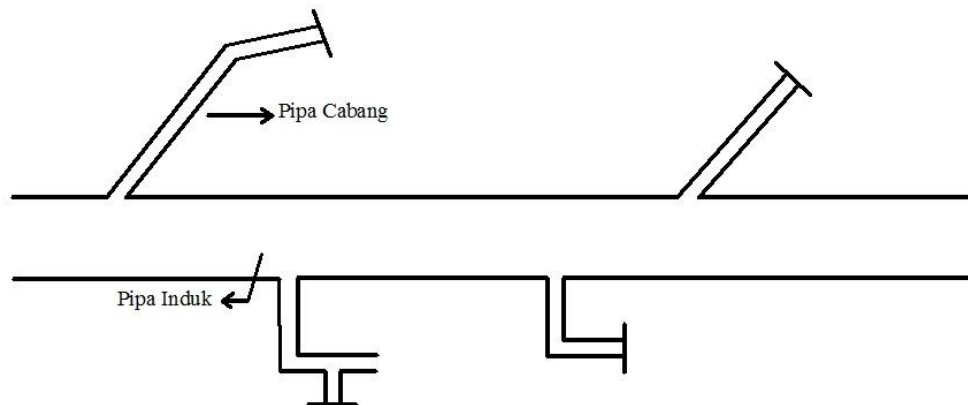
Jaringan distribusi bertujuan untuk mengalirkan ke berbagai tempat pemakaian dengan aman. Dan hal yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan jaringan distribusi adalah mempertimbangkan keuntungan dan kerugian memilih salah satu jenis pendistribusian dan membagi jaringan distribusi dalam zona tekanan bila diperlukan.

### **2.5.1 Jenis-jenis Jaringan Distribusi**

#### **2.5.1.1 Sistem Bercabang**

Pada sistem ini ujung pipa percabangan dari pipa utama biasanya tertutup sehingga menyebabkan tertutupnya kotoran yang mengganggu pendistribusian air.

Kerugiannya adalah bila terjadi kebocoran pada salah satu pipa, maka pipa-pipa lain akan berhenti, bila pipa yang bocor tersebut diperbaiki. Keuntungan dari pipa percabangan antara lain dari segi perhitungan lebih mudah, lebih ekonomis, dan lebih mudah dilaksanakan.



**Gambar II.1**  
**Sistem Distribusi Pipa Bercabang**

#### 2.5.1.2 Sistem Grid (Petak)

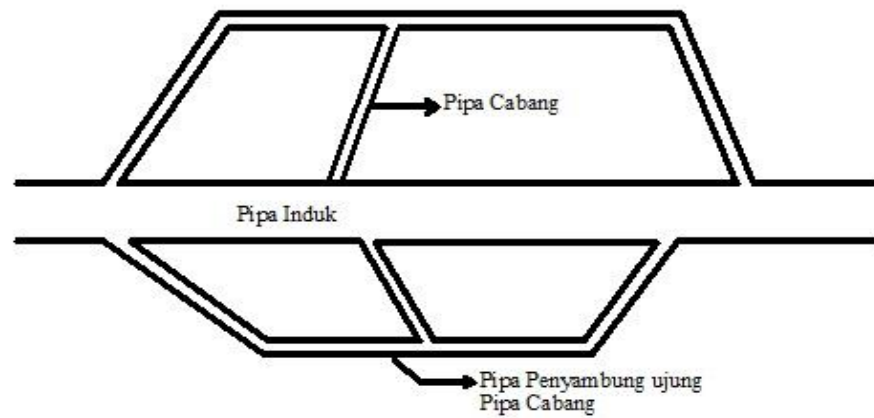
Pada sistem ini ujung-ujung pipa cabang disambungkan satu sama lain, sistem ini lebih baik dari sistem pipa bercabang karena sirkulasinya lebih baik dan kecil kemungkinan aliran menjadi tertutup atau stagnasi.

Kerugian dari sistem Grid :

- Agak sulit dalam pelaksanaannya karena pada akhirnya sambungan terhadap dua sambungan yang saling terbalik arah ataupun membuka.
- Tidak ekonomis karena banyak menggunakan sambungan seperti: sambungan Elbow, tee dan sebagainya.

Keuntungan dari sistem Grid:

- Sirkulasi airnya baik
- Pipa sulit tersumbat apabila terhadap kotoran karena air didalam pipa terus mengalir dan selalu terjadi pergantian air sehingga sulit terjadi pengendapan.



**Gambar II.2**  
**Sistem Distribusi Pipa Petak (Grid)**

#### 2.5.1.3 Sistem Berbingkai (Ring)

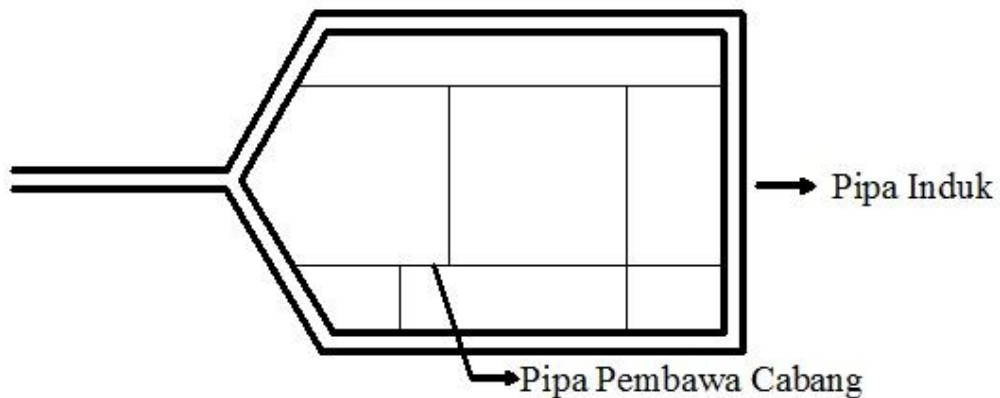
Pada sistem ini pipa induknya dibuat melingkar dibandingkan sistem yang lain, sistem ini lebih baik dan bilamana ada kerusakan pada saat perbaikan maka distribusi air tidak terhenti.

Kerugian sistem ini :

- Lebih sulit dalam pelaksanaannya, prinsipnya sama dengan sistem petak karena terdapat dua sambungan yang terbalik arah pada pipa yang paling luar atau pipa pembentuk lingkaran.
- Tidak ekonomis karena jaringan sistem berbingkai untuk perumahan yang besar sehingga banyak menggunakan pipa dan sambungan-sambungan.

Keuntungan sistem ini :

- Tidak terjadi penghentian aliran pada saat perbaikan pipa yang bocor karena air masih dapat mengalir melalui pipa cabang yang lainnya.
- Tidak terjadi penyumbatan pada pipa.



**Gambar II.3**

### **Sistem Distribusi Berbingkai (Ring)**

#### **2.5.2 Metode Distribusi**

Adalah suatu proses pendistribusian air ke konsumen dengan berbagai tujuan tergantung dari kondisi lokal dan lainnya.

##### **a. Metode Gravitasi**

Merupakan suatu proses pendistribusian air, dimana sumber penyediaan air berada pada tempat yang lebih tinggi dari daerah yang akan dilayani sehingga pengaruh tekanannya dapat memenuhi keperluan untuk domestik dan kran-kran umum. Metode ini paling baik pengalirannya jika dari sumber penyediaan air ke tempat pelayanan, memungkinkan menggunakan pipa berukuran seekonomis mungkin dan pengalirannya dengan lancar dan baik.

##### **b. Distribusi pompa dengan menggunakan reservoir**

Metodenya cukup ekonomis karena pemompaannya tidak berlangsung secara terus menerus. Air yang dipompakan yang akan mengalir seluruh reservoir akan mengalir ke daerah pelayanan.

#### **2.6 Jenis Pipa dan Alat sambung**

##### **2.6.1 Jenis Pipa**

Dalam merencanakan jaringan distribusi bahan yang sering digunakan adalah pipa. Pipa yang digunakan untuk mengalirkan air bersih dibagi dalam beberapa jenis, yaitu :

- a. Pipa Galvanis, pipa ini terbuat dari campuran seng (Zn) dengan timah (Pb) dan pada bagian luar dilapisi dengan lapisan timah untuk mencegah karat.
- b. Pipa Baja, dibuat dengan dinding yang tipis sehingga menghasilkan pipa yang relatif ringan dan bermutu tinggi.

Kerugian dari pipa baja ini, yaitu :

- Baja merupakan bahan yang mudah berkarat, sehingga membutuhkan perlindungan yang menyeluruh.
  - Pipa mudah rusak pada saat pengangkutan.
- c. Pipa PVC (*Poly Vinyl Chloride*), terbuat dari butir-butir poli vinil klorida yang dicampur dengan bahan tambah sampai dengan 6% dan dipanaskan.
  - d. Pipa HDPE (*High Density Poly Ethylene*), adalah pipa plastik bertekanan yang banyak digunakan untuk pipa air dan pipa gas. Disebut pipa plastik karena material HDPE berasal dari polymer minyak bumi. Oleh karenanya harga material PE dipengaruhi oleh fluktuasi harga minyak bumi.

### **2.6.2 Alat sambung**

- a. Tee, berfungsi untuk mengalirkan air secara menyilang.
- b. Elbow, digunakan pada arah berbingkai atau lingkaran.
- c. Socket, berfungsi sebagai penyambung dua pipa yang berdiameter sama.
- d. Valve, berfungsi untuk mengatur aliran, menutup dan membuka aliran serta mengontrol tekanan aliran.
- e. Reducer, berfungsi untuk menyambung dua pipa dengan diameter yang berbeda.

## **2.7 Langkah-langkah Meninjauan Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi**

### **2.7.1 Menganalisa Angka Pertumbuhan Penduduk**

Dalam menganalisis pertambahan jumlah penduduk dimasa yang akan datang ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk memproyeksikan jumlah

Penduduk antara lain yaitu Metode Aritmetik, Metode Geometrik, Metode Regresi Eksponensial.

### 1. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah :

$$P_n = P_o + K_a(T_n - T_o)$$

$$K_a = (P_2 - P_1)/(T_2 - T_1)$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah Penduduk tahun ke-n

$P_o$  = Jumlah Penduduk pada tahun awal

$T_n$  = Tahun ke-n

$T_o$  = Tahun awal

$K_a$  = Konstanta

$P_1$  = Jumlah penduduk pada tahun pertama yang diketahui

$P_2$  = Tahun terakhir yang diketahui

$T_1$  = Tahun pertama yang diketahui

$T_2$  = Tahun terakhir yang diketahui

### 2. Metode Geometrik

Metode geometrik ini banyak digunakan karena mudah dan mendekati kebenaran Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk (Adioetomo dan Samosir, 2010). Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun.

Berikut formula yang digunakan pada metode geometrik :



$$P_t = P_o (1+r)^n$$

$$(1+r)^n = P_2/P_1$$

Dimana :

$P_t$  = Jumlah penduduk tahun proyeksi

$P_o = P_2$  = Jumlah penduduk tahun yang diketahui

$P_1$  = Jumlah Penduduk tahun pertama yang diketahui.

$r$  = Presentase pertambahan penduduk tiap tahun

$n$  = Tahun proyeksi

### 3. Metode Regresi Eksponensial

Menurut Adioetomo dan Samosir (2010), metode eksponensial menggambarkan pertambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang mengasumsikan bahwa pertambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu.

Formula yang digunakan pada metode eksponensial adalah :

$$P_n = P_o \times e^{B(T_o - T_n)}$$

$$B = \frac{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{(T_1 - T_2)}$$

**Nilai e = 2,718281828**

Dimana :

$B$  = Konstanta

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun pertama

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun awal

$T_n$  = Tahun ke-n

$P_1$  = Jumlah penduduk tahun ke-1

$P_2$  = Jumlah penduduk tahun ke-2

#### 2.7.2 Uji Korelasi

Untuk mengetahui metoda apa yang paling tepat dalam memproyeksikan pertumbuhan penduduk perlu dilakukan uji korelasi dengan mencari

kecenderungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap penyimpangan ideal sesuai dengan standar deviasi. Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil.

Perbandingan kecenderungan penduduk dengan metoda Geometrik, Aritmatik dan Regresi Eksponensial menggunakan rumus :

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (X - (X \text{ rata-rata}))^2}{n - 1}}$$

Dimana :

SD	= Standar deviasi
X	= Populasi Per tahun
X rata-rata	= Populasi rata-rata
n	= Jumlah tahun

### 2.7.3 Debit Penyadapan

Debit penyadapan untuk satu sambungan rumah atau fasilitas umum per detiknya dapat dihitung dengan cara :

Debit penyadapan 1 sambungan rumah atau 1 fasilitas umum.

$$= \frac{\text{Keb/orang/hari} \times \text{Jumlah Orang}}{\text{Waktu Pemakaian rata-rata}}$$

### 2.7.4 Debit Pelayanan

Untuk menghitung debit pelayanan pada suatu daerah yang direncanakan dapat dihitung dengan cara :

- Debit pelayanan untuk sambungan rumah (Q Domestik)  
=  $\Sigma$  Sambungan rumah x debit penyadapan 1 sambungan rumah.
- Debit pelayanan untuk fasilitas umum (Q non Domestik)  
=  $\Sigma$  Fasilitas umum x debit penyadapan 1 fasilitas umum. \
- Total debit pelayanan  
Q total = Q domestik + Q non domestik.

### 2.7.5 Perhitungan Hidrolis

Perhitungan hidrolis untuk kehilangan tinggi tekan (Head Loss) akibat gesekan (Hgs) menggunakan persamaan manning-gauckler-strickler yaitu :  
(Hidrolika I, PEDC, Bandung).

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{K_{st}^2 \cdot R^{4/3}} = \frac{v^2 \cdot l \cdot 4^{3/4}}{K_{st} \cdot d^{4/3}}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2} \rightarrow v^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 d^4}$$

$$H_{gs} = \frac{16Q^2 / l^{4/3}}{\pi^2 K_{st}^2 d^{4/3} d^4} \rightarrow H_{gs} = K \cdot Q^2$$

$$\text{Maka } K = \frac{101,61}{\pi^2 K_{st}^2 d^{16/3}}$$

Dimana :

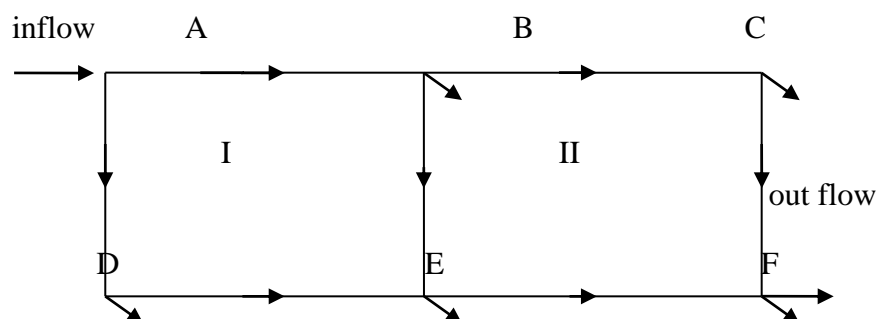
$l$  = Panjang Pipa

$K_{st}$  = Koefisien kekasaran saluran

$d$  = Diameter pengaliran

$K_{st} = 1/n$ , dimana  $n$  merupakan konstanta numerik.

### 2.7.6 Metoda Jaringan Pipa *Hardy Cross*



Gambar 2.4 Metode *Hardy Cross*

Dalam menentukan hilang tinggi tekanan dapat menggunakan cara *Hardy Cross* yang dari beberapa langkah yaitu :

- a. Menghitung hilang tinggi tekanan (Hgs) di tiap pipa dengan menggunakan persamaan Darcy dan Strickler:

$$H_{gs} = K \cdot Q^2$$

Dimana :

$$K = \frac{101,61 L}{\pi^2 K_{st}^2 d^{16/3}}$$

Keterangan :

K = Koef. Hilang tekan

Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

L = Panjang Pipa (m)

D = Diameter Pipa (m)

- b. Membagi jaringan menjadikan beberapa keliling pipa tertutup sehingga tiap pipa termasuk dalam sedikitnya satu keliling.
- c. Hitung jumlah aljabar dari hilang tinggi tekan tekanan dalam tiap keliling ( $\sum H_{gs}$ ) , dengan mengambil konvensi tanda yang baik. Hanya jika pembagian aliran yang dimisalkan itu kebetulan benar,  $\sum H_{gs}$  tidak sama dengan nol, maka debit yang dimisalkan tersebut harus dikoreksi kembali.
- d. Perbaiki debit dengna menggunakan koreksi  $\Delta Q$  yang diperoleh sebagai berikut :

$$Q = Q_0 + \Delta Q$$

Dimana :

$$\Delta Q = \frac{\sum k \times Q_0^2}{2 \cdot \sum k \times Q_0}$$

- e. Ulangi terus sampai koreksi debitnya menjadi kecil atau mendekati nol dalam menggunakan rumus tersebut sebaiknya harus diperhatikan tanda arah aliran. Aliran searah jarum jam menghasilkan head loss/rugi tekan.
- f. Setelah identifikasi loop berikan taksiran perkiraan. Dari hasil pendekatan *Hardy Cross* didapat debit aliran yang sebenarnya, arah aliran, dan keseimbangan *head loss* tiap arah aliran.

### 2.7.7 Dimensi Pipa

Didalam suatu perencanaan jaringan pipa distribusi pendimensian pipa sangat diperlukan, agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan didalam suatu perencanaan.

Rumus yang dipergunakan adalah :

$$Q = V \cdot A$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}}$$

Dimana :

Q	= Debit pengaliran (m <sup>3</sup> /detik)
v	= Kecepatan pengaliran (m/detik)
A	= Luas penampang (m)
d	= Diameter (mm)

### 2.7.8 Hilang Tinggi Tekanan

Tekanan terhadap aliran dalam pipa yang menyebabkan hilang tinggi tekanan, tidak hanya disebabkan oleh panjang pipa akan tetapi juga oleh perlengkapan pipa seperti lengkung dan katup yang menyerap energi dengan menimbulkan turbulensi yang relatif besar. Persoalan aliran dalam pipa hanya mencakup masalah pipa yang penuh dialiri cairan.

Hilang tinggi tekanan di klasifikasikan sebagai berikut :

#### 1. Hilang Tinggi Tekanan Besar

Dalam aliran pipa, hilang tinggi tekanan besar terutama adalah hilang tinggi tekanan akibat gesekan dan dinyatakan dengan H<sub>gs</sub>.

**a. Persamaan Darcy-Weisbach**

$$H_{gs} = \lambda \frac{L \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

Dimana :

$H_{gs}$  = Hilang tinggi tekanan karena gesekan (m)

$\lambda$  = Koefisien gesekan Darcy (faktor gesekan)

$L$  = Panjang pipa (m)

$v$  = Kecepatan aliran (m/det)

$d$  = Diameter pipa (m)

$g$  = Percepatan karena gaya tarik bumi (m/det<sup>2</sup>)

**b. Persamaan Manning-Gauckler-Strickler**

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot L}{K_{st}^2 \cdot R^{4/3}}$$

$$Q = V \cdot A \rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$Q$  = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

$K_{st}$  = Koefisien gesekan pipa strickler (m<sup>-1/s</sup>/det)

$L$  = Panjang pipa (m)

$d$  = Diameter (m)

$n$  = Konstanta Numerik (i)

$H_{gs}$  = Kehilangan tinggi tekanan (m)

$v$  = Kecepatan aliran (m/det)

$R$  = Radius hidrolik (m).

**c. Persamaan Hazen William**

Persamaan Hazen William yang paling umum dipakai. Persamaan ini lebih cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter

besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu rumus ini sering dipakai karena mudah digunakan.

Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) yang dinyatakan sebagai kehilangan tekanan ( $h_L$ ) dibagi dengan panjang pipa (L) atau  $S = (h_L/L)$ . Disamping itu ada faktor C yang menggambarkan kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur.

Secara umum rumus Hazen William adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,2785.C.d^{2,63}.S^{0,54}$$

Dimana :

$$S = H_L/L \text{ (Kemiringan geser/garis inersi).}$$

Dimana :

L = Jarak yang ditinjau.

Apabila kehilangan tekanan atau  $h_L$  yang akan dihitung maka:

$$h_L = (Q/0,2785.C.d^{2,63})^{1,85}.L$$

C (koefisien Hazen William) berbeda untuk berbagai jenis pipa di **tabel II-3**, dapat dilihat koefisien tersebut.

**Tabel 2.3 Koefisien Hazen William**

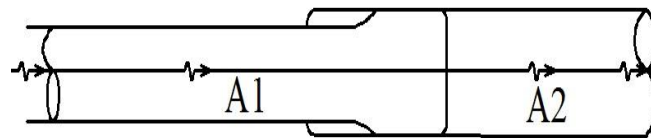
No.	Jenis Material Pipa	Nilai C Perencanaan
1	Asbes Cement	120
2	PolyVinyl Chloride (PVC)	120 – 140
3	High Density Poly Ethylene (HDPE)	130
4	Medium Density Poly Ethylene (MDPE)	130
5	Ductile Cast Iron Pipe (CIP)	110
6	Besi Tuang Cast Iron (CIP)	110
7	Galvanised Cat Iron (GIP)	110
8	Steel Pipe (Pipa Baja)	110

Dalam suatu pipa hilang tinggi tekanan sering diabaikan karena tidak menyebabkan kesalahan yang terlalu banyak pada perhitungan.

## 2. Hilang Tinggi Tekanan Kecil

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh :

### a. Pembesaran tiba-tiba



**Gambar II-4 Pembesaran Penampang Tiba-tiba**

Rumus :

$$H_e = K_e \frac{v_2^2}{2g}$$

Dimana :

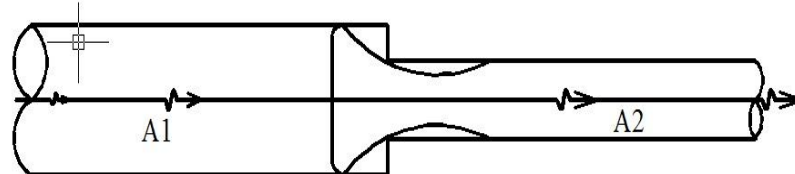
$H_e$  = Kehilangan energi akibat pembesaran,

$K_e$  = Koefisien kehilangan energi akibat pembesaran,

$$K_e = \left( \frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2$$

$v_2$  = kecepatan rata-rata aliran dengan diameter  $D_2$  (yaitu di hilir dari pembesaran).

### b. Penyempitan tiba-tiba.



**Gambar II-5 Penyempitan Penampang Tiba-tiba**

$$H_c = K_c \frac{v_2^2}{2g}$$



Dimana :

$H_c$  = Kehilangan energi akibat penyempitan,  
 $K_c$  = Koefisien kehilangan energi akibat penyempitan,  
 $v_2$  = kecepatan rata-rata aliran dengan diameter  $D_2$  (yaitu di hilir dari pembesaran).

Nilai  $K_c$  untuk berbagai nilai  $D_2/D_1$  tercantum pada table 2.5

**Tabel 2.4 Nilai  $K_c$  untuk berbagai nilai  $D_2/D_1$**

$D_2/D_1$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$K_c$	0,5	0,45	0,38	0,26	0,14	0

(sumber : *Hidrolika Terapan Edisi Revisi*)

## 2.8 Teori Manajemen Proyek

Penyelenggaraan pekerjaan konstruksi didalam manajemen proyek tergantung pada dua faktor utama yaitu sumber daya dan fungsi manajemen. Sumber daya terdiri dari manusia, uang, peralatan dan material, sedangkan fungsi manajemen dimaksudkan sebagai kegiatan-kegiatan yang dapat mengarahkan dan mengendalikan sekelompok orang yang tergabung dalam suatu kerja sama untuk mencapai tujuan dan sasaran yang telah ditetapkan. Dalam penyelenggaraan pekerjaan konstruksi, kegiatan yang dilakukan oleh sumber daya manusia, dengan uang, material dan peralatan, perlu ditata melalui fungsi-fungsi manajemen dalam batas waktu yang disediakan sehingga memenuhi prinsip efisiensi dan efektivitas.

### 2.8.1 Sumber daya

#### a. Manusia

Manusia sebagai sumber daya utama diartikan sebagai tenaga kerja baik yang terlibat langsung maupun tidak terlibat langsung dengan pekerjaan konstruksi. Tenaga yang terlibat langsung adalah tenaga kerja yang berada pada kelompok pemberi pekerjaan (pengguna jasa), kelompok kontraktor

(penyedia jasa), dan kelompok konsultan (penyedia jasa). Berdasarkan kualifikasinya para tenaga kerja tersebut dapat dikelompokkan ke dalam “tenaga ahli” dan “tenaga terampil”.

b. Uang

Uang merupakan sumber daya sangat penting dalam manajemen proyek. Ketidak cukupan uang, sulit untuk mengharapkan penyelenggaraan manajemen proyek sesuai dengan ikatan kontrak yang disepakati antara para pihak yang menandatangani perjanjian kontrak. Seluruh kelompok yang terlibat, memerlukan biaya yang besarnya telah disepakati di dalam surat perjanjian kontrak. Jika terjadi kesepakatan (*dispute*) dalam pelaksanaan pekerjaan, biasanya berdampak pada “nilai uang” yang harus disepakati, dokumen kontrak telah mengatur tata cara penyelesaian hukum yang harus ditempuh. Uang sangat penting karena seluruh kegiatan pekerjaan konstruksi memerlukan pembiayaan, menyangkut : rekrutmen manusia (tenaga kerja) ; penggunaan jasa tenaga kerja (tenaga ahli, tenaga terampil, tenaga non *skill*), penggunaan peralatan (alat-alat berat maupun alat-alat laboratorium) ; pembelian bahan dan material, pengolahan bahan dan material, baik bagi kelompok pengguna jasa maupun penyedia jasa. Jadi pengertian “uang” didalam penyelenggaraan pekerjaan konstruksi (*civil works*) bukan semata-mata untuk pembiayaan pelaksanaan konstruksi oleh kontraktor, tetapi juga termasuk biaya yang harus dikeluarkan untuk konsultan perencana, konsultan pengawas dan untuk penggunaan jasa dalam suatu kurun waktu yang telah disepakati.

c. Peralatan

Peralatan dalam pekerjaan konstruksi diartikan sebagai alat lapangan (alat berat), peralatan laboratorium, peralatan kantor (misalnya komputer), dan peralatan lainnya. Dengan menggunakan peralatan yang sesuai sasaran pekerjaan dapat dicapai dengan ketepatan waktu yang lebih akurat, serta memenuhi spesifikasi teknis yang telah dipersyaratkan.

#### d. Bahan

Bahan diartikan sebagai bahan baku natural maupun melalui pengolahan, dan setelah diproses ditetapkan menjadi item pekerjaan sebagaimana dituangkan di dalam dokumen kontrak. Bahan baku (tanah, batu, aspal, semen, pasir, besi, beton, dll) dan bahan olahan (agregat, adukan beton, profil baja dll). Merupakan sumber daya yang harus diperhitungkan secara cermat, karena pengaruhnya di dalam perhitungan biaya pekerjaan konstruksi sangat besar. Oleh karena itu lokasi bahan baku perlu secara cermat ditetapkan berdasar jarak dan volume yang tersedia, memenuhi syarat menjadi bahan olahan. Survei untuk mendapatkan informasi lokasi bahan baku perlu dilakukan, guna mendapatkan data akurat sebagai masukan bagi kontraktor dalam menyiapkan penawaran, maupun pada tahap pelaksanaan pekerjaan

([civil.injineri.blogspot.com/.../prinsip-prinsip-umum-manajemen-proyek.htm](http://civil.injineri.blogspot.com/.../prinsip-prinsip-umum-manajemen-proyek.htm)).

### 2.8.2 *Network planning*

*Network planning* adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam network diagram proyek yang bersangkutan. (Tubagus Haedar Ali, 1995)

#### a. Fungsi NWP (*network planning*)


*Network planning* merupakan teknik perencanaan yang dapat mengevaluasi interaksi antara kegiatan-kegiatan. Manfaat yang dapat dirasakan dari pemakaian analisis network adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengenali (identifikasi) jalur kritis (*critical path*) dalam hal ini adalah jalur elemen yaitu kegiatan yang kritis dalam skala waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.
2. Dapat diketahui dengan pasti kesukaran yang akan timbul jauh sebelum terjadinya sehingga dapat diambil tindakan yang presentatif.

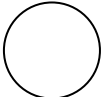
3. Mempunyai kemampuan mengadakan perubahan-perubahan sumber daya dan memperhatikan efek terhadap waktu selesainya proyek.
4. Sebagai alat komunikatif yang efektif.
5. Memungkinkan tercapainya penyelenggaraan proyek yang lebih ekonomis dipandang dari sudut biaya langsung dan penggunaan sumber daya yang optimum.
6. Dapat dipergunakan untuk memperkirakan efek-efek dari hasil yang dicapai suatu kegiatan terhadap keseluruhan rencana.

b. Bentuk NWP (*network planning*)

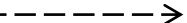
Network adalah grafik dari suatu rencana produk yang menunjukkan interelasi dari berbagai aktifitas. *Network* juga sering disebut diagram panah, apabila hasil-hasil perkiraan dan perhitungan waktu telah dibubuhkan pada *network* maka ini dapat dipakai sebagai jadwal proyek (*project schedule*). Untuk membentuk gambar dari rencana *network* tersebut perlu digunakan simbol-simbol, antara lain :

1. : Arrow / anak panah

yang menyatakan aktifitas atau kegiatan yaitu suatu kegiatan atau pekerjaan dimana penyelesaiannya membutuhkan durasi (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, alat, material, dan biaya). Kepala anak panah menjadi pedoman arah tiap kegiatan, dimana panjang dan kemiringan tidak berpengaruh.

2.  : Node / event

yang merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian yaitu pertemuan dari permulaan dari akhir kegiatan.

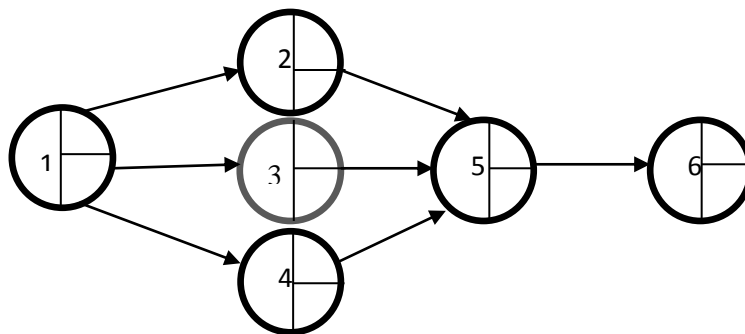
3.  : *Dummy* / anak panah terputus-putus

yang menyatakan kegiatan yaitu pertemuan dari permulaan dan akhir kegiatan.

4.  $\Longrightarrow$  : Lintasan Kritis

menunjukkan pekerjaan yang tidak boleh terlambat satu hari pun karena akan menghambat waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan

Contoh penggunaan symbol tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2.5 Contoh Bentuk NWP

Awal dari seluruh kegiatan adalah kegiatan 1 dan untuk menyelesaikan seluruh proyek maka setelah kegiatan 1 dan 3 kegiatan yang harus diselesaikan yaitu menyelesaikan kegiatan 2, 3 dan 4 kemudian melaksanakan kegiatan 5 dan 6.

### 2.8.3 Kurva S

Kurva S dapat dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya proyek. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang di dapat dari perbandingan antara harga pekerjaan sebelum pajak kontigensi dan keuntungan kontraktor yang dikalikan dengan 100%.

a. Fungsi kurva S

Fungsi dari kurva S adalah sebagai patokan untuk standar yang menggambarkan persentase dari suatu kegiatan yang telah dilaksanakan yang

selanjutnya digunakan dalam pembayaran termin atau pembayaran atas kerja tersebut.

b. Bentuk kurva S

Bentuk kurva s merupakan sebagai acuan untuk menggambarkan hasil dari analisa suatu perhitungan yang umumnya berbentuk pola huruf “S”, agar dapat mempermudah dalam membaca kenaikan maka grafik sangat diperlukan.